

MANUAL DE AGRICULTURA, DE PRECISIÓN



PROCISUR

Programa Cooperativo para el Desarrollo Tecnológico
Agroalimentario y Agroindustrial del Cono Sur

Argentina
Bolivia
Brasil

Chile
Paraguay
Uruguay



MANUAL DE AGRICULTURA, DE PRECISIÓN

Editores:

Evandro Chartuni Mantovani
*Empresa Brasileira de Pesquisa
Agropecuaria (EMBRAPA)*

Carlos Magdalena
*Instituto Nacional de Tecnología
Agropecuaria (INTA)*

**Programa Cooperativo para el Desarrollo Tecnológico
Agroalimentario y Agroindustrial del Cono Sur**

Argentina : Chile :
Bolivia : Paraguay :
Brasil : Uruguay : 

Unidos. Es ahora una parte fundamental de cómo trabajan los establecimientos profesionales en todas partes del mundo. La pregunta no es si la agricultura de precisión puede ser implementada de una manera rentable, sino cómo implementar la agricultura de precisión de modo de obtener el más rápido y alto retorno de la inversión posible.

Para un agricultor en cualquier parte de Sudamérica la pregunta es: ¿cuál sistema sustituye mejor la operación existente, y cómo implementar el nuevo sistema? ¿Se entra en un “Big Bang” con alto nivel de inversión, riesgos más altos pero también con la posibilidad de mayor rentabilidad? ¿O se va de manera “gradual”, paso a paso, primero implementando aquellas áreas donde los retornos positivos son muy probables, y más tarde a mayor escala?

Cada campo, cada establecimiento será diferente. Cada agricultor tiene diferentes niveles de especialidad o especialidades en diferentes áreas. El punto crítico sería para los consultores escuchar cuidadosamente y orientar a los agricultores a través del proceso. La agricultura de precisión no es una meta en sí misma. Es una herramienta. Es un proceso continuo que lleva a mejorar la gestión agrícola total y, por último, a mejorar la rentabilidad y la supervivencia del establecimiento rural a largo plazo.

2.5. Monitoreo temporal de los sistemas de producción para la toma de decisiones y mejora

Evandro Chartuni Mantovani y Gisela de Avellar

Evandro Chartuni Mantovani

Investigador Embrapa Maíz y Sorgo, PhD
Mecanização Agrícola
Sete Lagoas, MG, Brasil
evandro.mantovani@embrapa.br

Gisela de Avellar

Professora do curso de Cartografia e Geoprocessamento, MSc.
Centro Universitário de Sete Lagoas – UNIFEMM
Sete Lagoas, MG, Brasil
gisella@uai.com.br

Introducción

El uso de metodologías de agricultura de precisión mejora la eficiencia en el manejo de áreas productivas, por la optimización en la aplicación de insumos, y también en el gerenciamiento eficiente de las actividades del sistema de producción. Así, el trabajo con metas productivas para los cultivos mediante agricultura de precisión busca reducir las inestabilidades o variabilidades de producción al utilizar equipos de muestreo georreferenciado para el mapeo físico y químico del suelo, lo cual aumenta la capacidad de manejo de las diferentes áreas. Para el seguimiento del ciclo del cultivo se utilizan fotografías aéreas o imágenes satelitales a fin de realizar la toma de decisiones en tiempo real, principalmente para la fertilización nitrogenada en cobertura y para el control fitosanitario, con el monitoreo de insectos, plagas y enfermedades.

De acuerdo con Santos (1997) en algunas situaciones se debe considerar el hecho que una única técnica no es suficiente para todas las situaciones presentadas y tampoco define las limitaciones para varios ambientes. Con el mejor conocimiento de la estructura de producción de un campo es posible planificar el proceso de intervención en el mantenimiento de la productividad y/o mejoras en las áreas de inestabilidad y baja productividad, a partir de 3 años de observación.

En un establecimiento rural, el mapa de rendimiento le permite al productor realizar una radiografía de la variación espacial del campo al dividir el campo en áreas homogéneas y mostrar el porqué de esa variación.

Como ejemplo, un área piloto de 115 hectáreas de la Fazenda Recanto, en Sidrolândia, MS, Brasil, fue trabajada con la metodología de agricultura de precisión con datos georreferenciados de dos cosechas de soja y una de maíz de invierno. El gran volumen de información generado permitió diversos análisis y algunas conclusiones. Con el

soporte de análisis estadísticos complementarios fue posible identificar áreas con diferentes patrones de producción.

En la primera etapa del trabajo, se realizó una uniformización de los mapas de rendimiento. La primera cosecha de soja generó 30 428 muestras, con una productividad que varió entre 1,3 y 4,1 t/h. En la segunda cosecha de soja, fueron 40 409 muestras y la productividad varió entre 2 y 5,9 t/h. En la cosecha del maíz, en 2002, se generaron 24 213 muestras que variaban entre 1,4 y 5,1 t/h, tal como puede visualizarse en la Figura 1.

Las decisiones gerenciales son más seguras cuando el productor trabaja utilizando una combinación de tres o cuatro años de mapas de rendimiento, porque así los factores espaciales y temporales pueden ser separados y clasificados. Para comparar los datos de diferentes cultivos – por ejemplo maíz y soja– fue preciso transformar los mapas de rendimiento en grillas uniformizadas que permitiesen comparar el comportamiento de los datos en los mismos puntos de recolección.

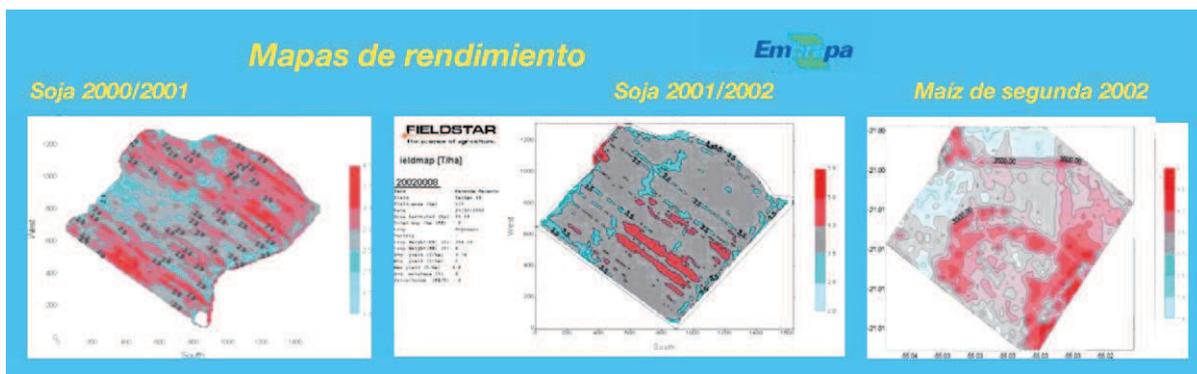


Figura 1. Mapas de rendimiento de maíz y soja, del área de 115 ha, de la fazenda Recanto, Sidrolândia, MS, Brasil

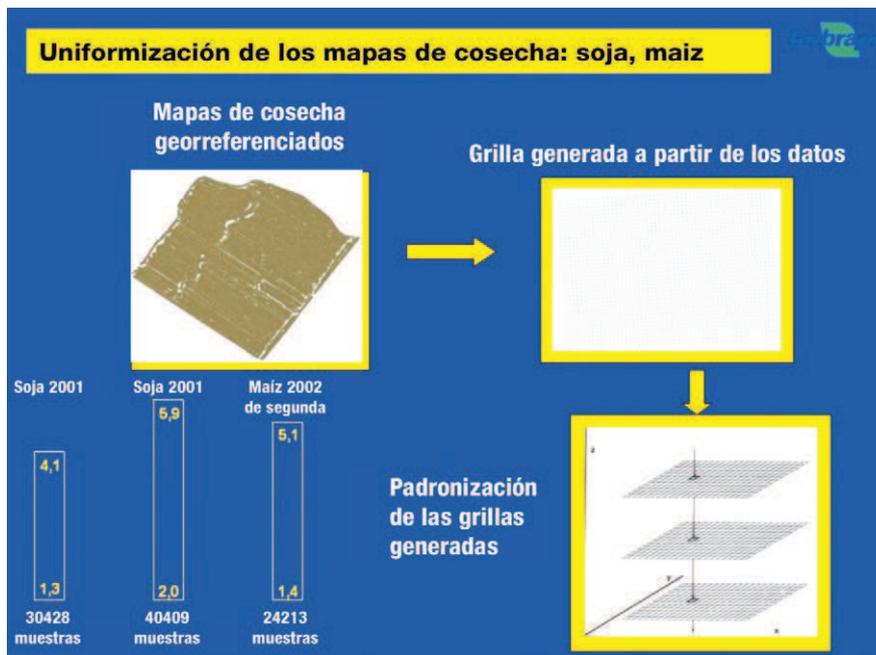


Figura 2. Uniformización de los mapas de cosecha de maíz y soja, del área de 115 ha, de la fazenda Recanto, Sidrolândia, MS, Brasil

Este procedimiento estandariza los mapas generados en la cosecha. Estas grillas generan nuevos mapas estandarizados de cosecha, que indican las diferencias espaciales. Con la superposición de los nuevos mapas es posible generar un cuarto mapa y establecer el patrón de producción. Una inspección visual de esos mapas indica cuáles áreas de productividad por encima o debajo de la media ocurren normalmente en las mismas áreas, tal como puede visualizarse en la Figura 3.

El mapa de tendencia espacial de las áreas es la base para el trabajo de planificación y programación de intervención del sistema de producción.

¿Qué es un área estable? La tendencia a la estabilidad en un campo puede ser definida cuando, en un mismo punto, la variación de la productividad es pequeña a lo largo de las diferentes cosechas incluidas en el cálculo. La Figura 4, muestra los patrones de producción de un área de 115 ha, con 3 años de cosecha:

- Área azul: 12% del área con una producción alta y estable.
- Área verde: 75% del área con gran estabilidad pero producción media.
- Área amarilla: 13% del área inestable, donde hubo una gran variación.

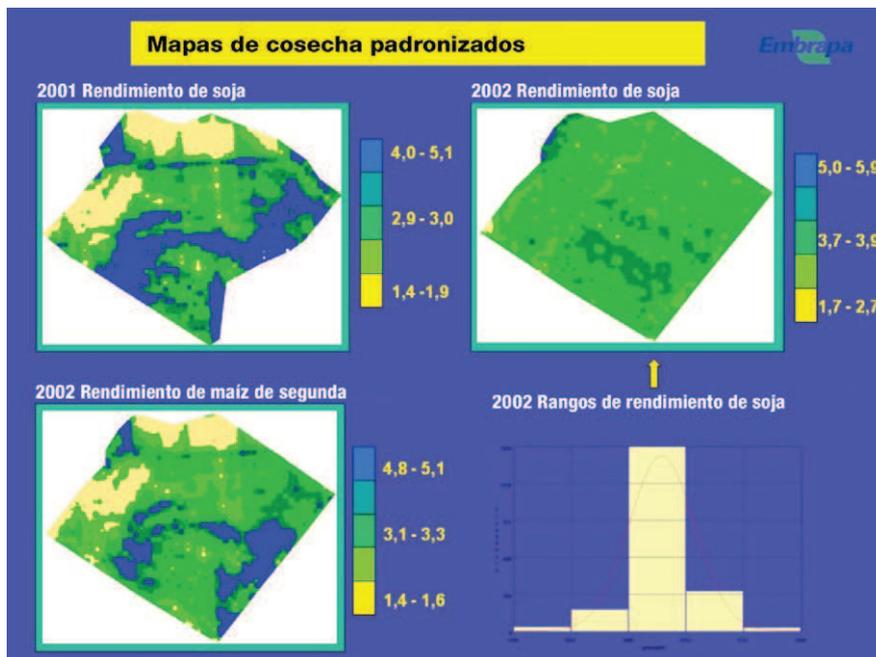


Figura 3. Mapas de cosecha de maíz y soja, del área de 115 ha de la fazenda Recanto, Sidrolândia, MS, Brasil

En un año la producción fue muy alta, en otro fue muy baja y en el tercero estuvo dentro de la media. Es preciso aclarar que la productividad media de un área, cuando se trata de agricultura de precisión, se refiere a aquella área.

De acuerdo con esta clasificación, una investigación en el lugar de algunas áreas puede ser una garantía para identificar los factores limitantes. Un análisis posterior puede mostrar dónde es económicamente viable interferir o mantener la intervención. En la Figura 4 se presenta un ejemplo de área con porcentajes de rentabilidad por tipo de productividad.

Es común identificar mayor inestabilidad en la productividad de las áreas del entorno, debido a la dificultad de operación de máquinas para la aplicación de insumos, a la deficiencia en la distribución de agua en el riego, a la cosecha, etc.

El análisis económico de los datos se realiza registrando todos los costos involucrados en el proceso de la técnica de agricultura de precisión, en un sistema de producción, evaluando todas las etapas del cultivo. Según Matoso (2002), para la asignación de costos se consideran los costos fijos y variables, teniendo en consideración los costos de equipo y *software*, servicios de geren-

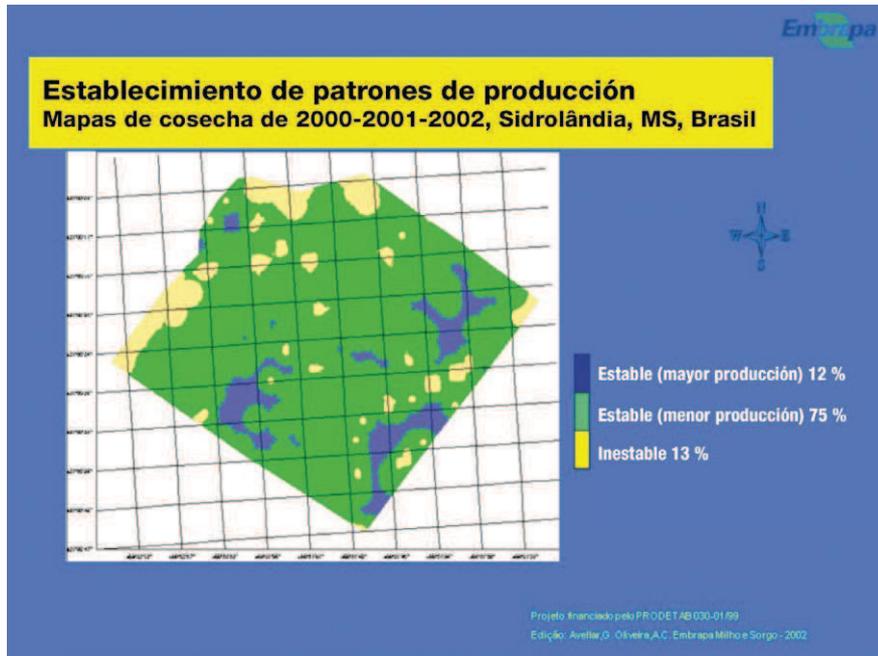


Figura 4. Establecimiento de patrones de producción del área de 115 ha de la fazenda Recanto, Sidrolândia, MS, Brasil

ciamiento y costo del dinero. De la misma manera, para la implementación de los cambios se calculan los costos relacionados con los insumos y su aplicación. Los rendimientos estimados se obtienen teniendo en cuenta la productividad con las alternativas analizadas.

A continuación, al conocer el punto de equilibrio en el análisis de costos de producción, en la Figura 5 se establece un mapa de rentabilidad y en la Figura 6, asumiendo que los factores limitantes han sido erradicados, de forma que la productividad de una determinada área haya llegado a sus límites naturales y el agricultor ya no puede

controlar modificaciones adicionales. El potencial de rentabilidad puede ser clasificado en números tratados de diferentes tipos y, de este modo, se eliminan factores aislados que limitan la producción y se puede cuantificar el potencial de rendimiento económico.

Utilizando los dos tipos de mapas, de rendimiento y de rentabilidad, la primera y segunda etapa del ciclo de la agricultura de precisión son realizadas para conocer los tipos de producción: de alta, media y baja productividad/rentabilidad/perjuicio, que deberán ser analizadas para la intervención o el mantenimiento de los niveles de

Items	Valores
Rendimiento (kg/ha)	1.916,25
Precio (R\$/kg)	0,30
Ingreso bruto (R\$)	574,88
Margen bruto (R\$)	56,19
Margen líquido (R\$)	0,00
Punto de equilibrio: costos variables (kg/ha)	1.728,95
Punto de equilibrio: costos fijos (kg/ha)	1.916,25
Tasa de rentabilidad sobre los costos variables	1,11
Tasa de rentabilidad sobre los costos fijos	1,00

Figura 5. Análisis económico: punto de equilibrio y tasa de rentabilidad, del área de 115 ha de la Fazenda Recanto, Sidrolândia, MS, Brasil

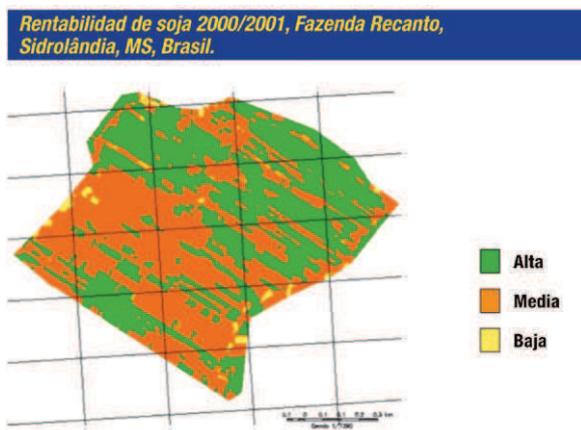


Figura 6. Mapa de rentabilidad de soja, del área de 115 ha, de la Fazenda Recanto, Sidrolândia, MS, Brasil

producción. Así, para un análisis temporal de datos, los mapas de rendimiento de por lo menos 3 años consecutivos, necesitan ser sistematizados para:

- Definir los patrones de producción/tendencias, en los mapas de rendimiento del maíz.
- Establecer los criterios para definir los tipos de rendimiento, en función del análisis económico de los datos de productividad, con el fin de establecer el mapa de rentabilidad.
- Establecer un análisis in situ, con el fin de realizar una intervención diferenciada en las áreas inestables y de bajo rendimiento.

La intervención en los lugares de inestabilidad de producción y de bajo rendimiento se caracteriza como la tercera etapa del ciclo, que puede ser desde una fórmula de fertilizante más adecuada, un cambio para un cultivar más adaptado, o incluso una actividad para mejorar las condiciones físicas del suelo y reducir su compactación.

Las recomendaciones de dosis de aplicación de fertilizantes son imprecisas y generalmente están basadas en una meta de rendimiento para un mapa específico del suelo (Larscheid et al., 1997), ignoran la variabilidad dentro de cada unidad del mapa y asumen datos climáticos promedio. Sin embargo, en esta tercera etapa aún existen problemas para su total implementación por la dificultad de gerenciar el sistema de producción porque, en la mayoría de los casos, ocurren acciones aisladas de parámetros y también por la falta de criterios más eficientes en la definición de parámetros de clasificación de los niveles de productividad en tipos estables de producción. Por lo tanto, esta clasificación demandaría un plazo mayor para al-

canzar la variabilidad temporal de los campos de producción.

Larscheid et al. (1997) clasifican las decisiones de gerenciamiento de un establecimiento agrícola en: 1) decisiones de largo plazo, que consideran adoptar en el establecimiento estrategias de rotación de cultivos; 2) decisiones intermediarias relativas a la próxima época de siembra; y 3) decisiones de corto plazo, que consideran la zafra en curso durante el período de crecimiento. Incluso, según los mismos autores, actualmente la principal aplicación de mapas de rendimiento como herramienta para la toma de decisiones sigue siendo más adecuada para decisiones de largo plazo e intermediarias, especialmente cuando un campo se vuelve disponible a lo largo de muchos años.

Es evidente que al analizar un mapa de rendimiento de un año, esta clasificación podría ser realizada considerando apenas la variabilidad espacial. La clasificación para la evaluación del área sería más precisa al considerar el factor variabilidad temporal, el cual agregaría los ítems de estabilidad y caracterización de los lugares de producción.

Además, el nivel tecnológico aplicado al sistema de producción de un determinado cultivo varía de un establecimiento a otro y, consecuentemente, el valor de un rendimiento aisladamente, no es eficiente para determinar el valor de esos tipos. Por ello, se necesita complementar el análisis de productividad e introducir la evaluación económica en los mapas de rendimiento con el fin de establecer el costo de producción por área y conocer el punto de equilibrio, o sea, el míni-

mo de rendimiento necesario para hacer rentable esta tecnología.

Swinton y Lowenberg-Deboer (1998) muestran que el análisis de presupuesto parcial ha sido la herramienta más utilizada para evaluar la rentabilidad en la agricultura de precisión. Este análisis se enfoca solo en aquellos ítems de costos y rentabilidad que promueven el cambio en la utilización de una nueva práctica, y normalmente se calcula por área o por lote. Un análisis completo de rentabilidad debería incluir el efecto del impacto en todo el establecimiento, así como el efecto de los riesgos. Incluso así, la técnica de presupuesto parcial es una excelente manera de comenzar a analizar la rentabilidad media.

Así, mapas de por lo menos 3 años consecutivos de rendimiento, con análisis para el establecimiento de patrones de producción, permiten distinguir los tipos de productividad, en función del análisis económico de los datos y establecer el mapa de rentabilidad. El uso de este procedimiento facilita el análisis in situ de producción más rápida y de bajo costo, para una intervención diferenciada en las áreas inestables y de baja productividad, tal como se muestra en la Figura 7.

Por eso, es preciso establecer los procedimientos adecuados para la aplicación del concepto y de técnicas que viabilicen la optimización del sistema de producción. Las acciones aisladas de intervención no siempre producirán resultados que justifiquen económicamente el uso de la agricultura de precisión. Por otro lado, ya son conocidas las técnicas eficientes para trabajar con el mapeo temporal de los sistemas de producción, como se muestra en la Figura 8, el modelo de Moore (2002) que permite al

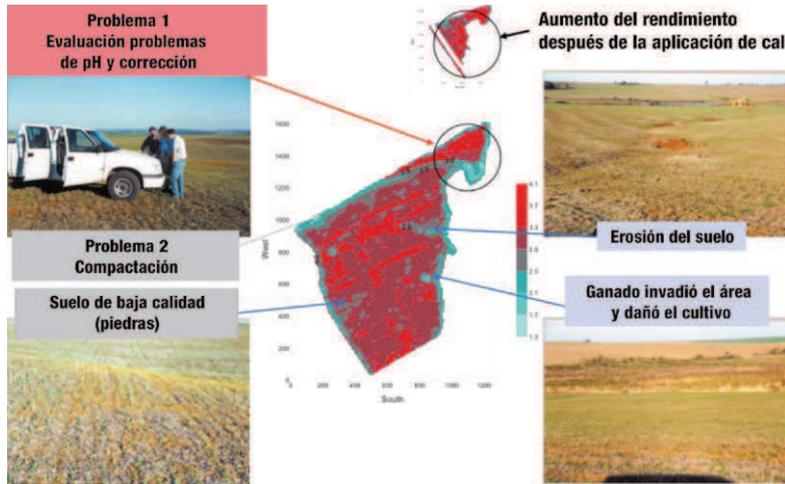


Figura 7. Adopción de un enfoque simple para realizar mejoras significativas en la rentabilidad (Fuente: Mark Moore, AGCO, 2002)

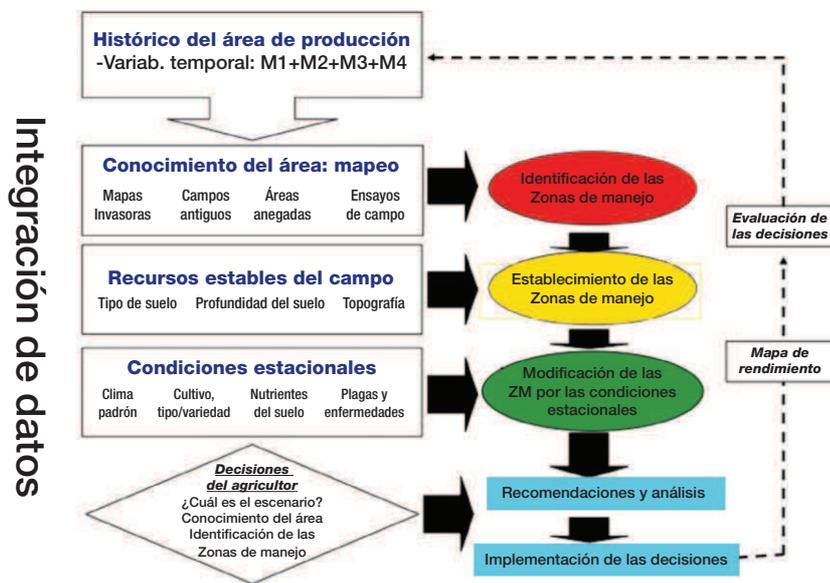


Figura 8. Modelo de gerenciamiento del sistema de producción para la toma de decisiones del agricultor (Fuente: Mark Moore, AGCO, 2002)

agricultor tomar decisiones durante el cultivo, en tiempo real y después de la cosecha.

El establecimiento de patrones que identifican las diferentes áreas de producción dentro de un mismo campo, permite al agricultor tomar decisiones acertadas y, al mismo tiempo, evaluar si las recomendaciones implementadas tendrán el efecto esperado. De este modo, permite un gerenciamiento económico del sistema de producción, con acciones durante el ciclo del cultivo y después de la cosecha. A partir de la siembra, con los mapas de tendencia, el agricultor puede acompañar el cultivo y, en el caso del maíz, la intervención en tiempo real para la corrección de nitrógeno y agua por ejemplo, permite la recuperación de la productividad, antes de que finalice el ciclo.